

PAT-NO: JP02003037300A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003037300 A
TITLE: LIQUID-METAL JOINTED THERMOELECTRIC CONVERSION MODULE

PUBN-DATE: February 7, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TAKAZAWA, HIROYUKI	N/A
YAMAMOTO, ATSUSHI	N/A
RI, TETSUKO	N/A
OTA, TOSHITAKA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL & TECHNOLOGY	N/A

APPL-NO: JP2001225105

APPL-DATE: July 25, 2001

INT-CL (IPC): H01L035/32 , H01L035/06 , H01L035/16 , H02N011/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To further improve the power generating efficiency and service life of a thermoelectric conversion module.

SOLUTION: In order to eliminate factors hindering the improvement of the power generating efficiency of the thermoelectric conversion module, the electrodes of the module are formed to have gentle projecting curved surfaces. Consequently, the projecting sections of the electrodes improve the thermal resistances and electrical resistances of the electrodes, while producing very thin liquid-metal surfaces, by pushing the liquid metal taking charge of bond to the side sections of the electrodes. In addition, it has been confirmed that when the thickness of the liquid metal applied to the electrodes is adjusted to $\leq 20 \mu\text{m}$, the service life of the module is improved.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-37300

(P2003-37300A)

(43) 公開日 平成15年2月7日(2003.2.7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 35/32		H 0 1 L 35/32	A
35/06		35/06	
35/16		35/16	
H 0 2 N 11/00		H 0 2 N 11/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願2001-225105(P2001-225105)

(22) 出願日 平成13年7月25日(2001.7.25)

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所

東京都千代田区霞が関1-3-1

(72) 発明者 高澤 弘幸

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法

人産業技術総合研究所つくばセンター内

(72) 発明者 山本 淳

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法

人産業技術総合研究所つくばセンター内

(72) 発明者 李 哲虎

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法

人産業技術総合研究所つくばセンター内

最終頁に続く

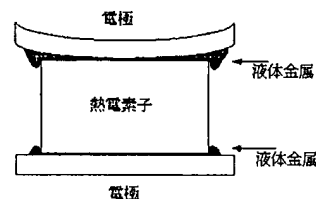
(54) 【発明の名称】 液体金属接合熱電変換モジュール

(57) 【要約】

【課題】熱電変換モジュールにおける発電効率のさらなる向上、および寿命の向上。

【解決手段】本願発明は、発電効率の向上を妨げている要因を排除するため、電極を緩やかな凸状の曲面とした。これにより、接合を受け持つ液体金属を凸部の電極が側部に押しやり、極めて薄い液体金属面を作りだし、熱抵抗や電気抵抗を改善している。また、電極に塗布された液体金属の厚みを20 μ m以下とすることにより寿命の向上が確認された。

電極と熱電素子の接合状態の断面図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の熱電変換素子と、該熱電変換素子を相互に接続するための電極とを備えており、前記熱電変換素子と前記電極とは相対的に可動に配設され、かつ電氣的接続が常温において液体の液体金属により行われる熱電変換モジュールにおいて、高温側の前記電極は、前記熱電変換素子に対して凸となる形状に形成されていることを特徴とする熱電変換モジュール。

【請求項2】 上記電極は、銅及び銅を主成分とする合金から成ることを特徴とする請求項1記載の熱電変換モジュール。

【請求項3】 上記電極の凸型の形状は、打ち抜き加工により作成されることを特徴とする請求項1記載の熱電変換モジュール。

【請求項4】 複数の熱電変換素子と、該熱電変換素子を相互に接続するための電極とを備えており、前記熱電変換素子と前記電極とは相対的に可動に配設され、かつ電氣的接続が常温において液体の液体金属により行われる熱電変換モジュールにおいて、高温側前記電極の前記熱電変換素子に接する面に塗布された液体金属の厚みは20 μ m以下であることを特徴とする熱電変換モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱電変換素子を用いた熱電変換モジュールに関するものである。これらの熱電変換モジュールは、工場の廃熱回収あるいは自動車の廃熱回収にも利用される物である。

【0002】

【従来の技術】熱電変換モジュールは、p型とn型の2種類の半導体熱電変換素子を電氣的には直列、熱的には並列に接続し、各接合部間に温度差を与えた場合、起電力が発生し、外部に負荷を接続すると電流が流れて電氣的出力を得ることができるものである。このように熱電変換素子を用いて熱エネルギーから電氣エネルギーに変換する原理はよく知られている。

【0003】従来の熱電変換モジュール（以下、単に「モジュール」という。）は、熱電変換素子を2次元的に配置し、各熱電変換素子を電氣的絶縁性の平板にハンダ付け等の方法で固定したモジュール構成をとっていた。

【0004】モジュールの性能は、熱電素子の材料、素子の大きさや形状、発電モジュールを構成する素子対の数に依存し、さらには、電極の大きさや形状、素子と電極の接合方法に依存する。

【0005】たとえば、熱電材料は、ビスマステルル系熱電半導体素子を用い、素子の大きさは、3.2×3.2×1.72mmで、電極は、10.8×3.8×0.5mmの銅片。素子対の数は、18対で構成され、モジュールの大きさが50×50mmの場合、発電変換効率は、ハンダ付けの場合、3%程度で

ある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】発電効率の向上を妨げている一つの要因は、ハンダ付けであり、ハンダの厚みが熱抵抗となり熱伝達および熱伝導を困難にし、電氣抵抗も大きくなり効率を低下させている。

【0007】また、ハンダ付けにおける「濡れ性」の良し悪しが接合評価の一つの基準となっているが、最良な方法が現在も追求されている。さらに、接続部のハンダ中にボイド（空孔）が発生した場合、発電効率の向上を妨げる熱抵抗や電氣抵抗の増加を生む。しかし、現在のところ、これらの発生を防止する方法は、見出されていない。

【0008】他方、ハンダに変わり、液体金属を使用することも考えられるが、液体金属は、ハンダ等の個体接合に比べ常温において液体であるために、化学的活性が大きく、熱電素子中に拡散し合金を形成し、熱抵抗や電氣抵抗の増加を生む可能性がある。

【0009】このための対策として、熱電素子にニッケル等の金属メッキによる保護膜が施されている。しかし、このメッキ工程は、ウエハー状の素子に対して行われるため、メッキ後に、素子を切り出すと、そのため切り出し面である素子の側面にはメッキ加工が施されない状態となる。

【0010】そうすると、液体金属がメッキ加工のない側面から熱電素子中へ拡散し合金を形成する。このため、発電効率は、数十から百数十時間後に減少し始め、長い寿命を維持できないという問題があった。

【0011】

【課題を解決するための手段】本願発明は、発電効率の向上を妨げている要因を排除するため、電極を緩やかな凸状の曲面とした。これにより、接合を受け持つ液体金属を凸部の電極が側部に押しやり、極めて薄い液体金属面を作りだし、熱抵抗や電氣抵抗を改善している。

【0012】同時に、液体金属が押し出される際に、気泡を側面に逃がす作用が働き、ボイドの発生を抑え、熱抵抗や電氣抵抗を改善している。

【0013】緩やかな凸状の曲面を持つ銅電極の作り方は、銅板を所定の大きさに加工する際に、プレス打ち抜き加工を採用しているが、製作時に生じる湾曲面を利用すればよい。

【0014】プレス打ち抜き加工で生ずる緩やかな凸状の曲面の一例を図4、5に示す。

【0015】寿命を長くするためには、液体金属が熱電素子の保護膜の無い部分に直接接触することを防ぐことである。過剰に塗布された液体金属は、熱電素子の保護膜の施工ができない側面へはみ出すことになる。

【0016】塗布量を必要最小限と定めれば、液体金属の役割である熱電素子と電極の接合のみを果たし、寿命を短縮させる余剰液体金属は生じない。

【0017】その液体金属の厚みは、 $20\mu\text{m}$ 以下であればよく、 $17\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施形態を示すもので熱電変換モジュールの組立前の分解斜視図である。

【0019】図1は、平板型のモジュール全体を示し、22は、平板状の電気的絶縁性高熱伝導基板（以下「基板」という。）、23は、熱電変換素子、24、25、は電極、26、27は、格子状電極ホルダで、それぞれ透孔が格子状に形成されており、これらの透孔に電極24、25が遊嵌されて定位置に微小の範囲内で移動可能に保持されている。30は、格子状素子ホルダで、透孔が格子状に形成されており、これらの透孔に熱電変換素子23が遊嵌されて定位置に微小の範囲内で移動可能に保持されている。

【0020】組立に際しては、あらかじめ電極24、25の熱電変換素子23に対向する面上に常温において液体の液体金属（図示せず）を綿棒等を用いて塗布しておく。熱電変換素子23の両面にも同様にして液体金属を塗布しておく。基板22上に格子状電極ホルダ27を載置し、その透孔内に電極25を遊嵌する。

【0021】次いで、その上に格子状素子ホルダ30を載置し、その透孔内にそれぞれ熱電変換素子23を遊嵌し、その上に格子状電極ホルダ26を重ねる。その透孔のそれぞれに電極24を遊嵌させ、更に基板を重ねる。なお、基板の内面側には、必要に応じて熱伝導グリースを塗布しておく。

【0022】最後にボルトを基板、各ホルダ26、30、27の4隅の透孔に挿通して、ナット（図示せず）等を用いたり、基板22の4隅の孔にタップねじを形成しておき、これに螺合したりすることで全体を固定する。この際スペーサを高温側となる格子状電極ホルダ26と格子状素子ホルダ30の間に介在させる。なお、スペーサは低温側となる格子状電極ホルダ27と格子状素子ホルダ30の間でも、また両方に介在させてもよい。

【0023】スペーサを高温側に入れれば、高温側の格子状電極ホルダ26が落下するのが防がれる。また低温側に入れれば、格子状素子ホルダ30の落下が防止される。

【0024】ここで、本発明に使用する常温において液体の液体金属について説明する。使用する液体金属としては、例えば水銀、ガリウム（ 30°C で液体）にインジウム（常温固体）を溶かしたものなどが挙げられる。後述する図2、3に示す特性が得られた実験では、ガリウム：インジウムは重量比で3：1の割合で混合したものを使用した。この混合比では室温で液体である。上記によりさらにガリウムが多い場合は液体であるが、逆にインジウムの量が増えると固体が析出するが、温度を上げれば溶ける。

【0025】なお、電極24、25と熱電変換素子23の直接接触もあるが、実験の結果によれば液体金属を用いない場合には接触不良のため、発電動作が起きなかった。

【0026】基板には陽極酸化と封孔処理により絶縁被覆加工を施したアルミニウム等の高熱伝導率材料を使用しても良い。熱電変換素子23は、 250°C までの間で熱電変換効率が優れているビスマステルル系熱電半導体素子が好適であり、p型素子とn型素子を交互に配置し電気的に直列接続する。電極24、25（材料：銅及び銅合金など）は、液体金属（材料：インジウム：ガリウムが重量比で3：1）によりこれらの熱電変換素子23を電気的に直列接続し、最終的な電気出力を電気出力端子から得る。格子状電極ホルダ26、27および格子状素子ホルダ30（材料：ベークライトなど）は、電極24、25および熱電変換素子23を定位置に収める役割をする。

【0027】次に、電極24、25と熱電素子23との接触について述べる。第4図に、長方形電極の短辺の断面を示し、第5図に、二つの電極に挟まれた熱電素子を示す。このように、高温側の電極の熱電素子に接する面を凸状に形成すると、接触面の余剰な液体金属は辺の方に押し出され、接触部においては、きわめて薄い膜状の液体金属のみとなり、電気抵抗及び熱抵抗が減少する。

【0028】具体的な電極の作り方は、オス・メスの金型を作り、プレス機で打ち抜くことで作成する。したがって、形状は、ほぼ平面であるが、プレス機により打ち抜かれる際に生ずる曲面が、矩形のコーナー全体の端面に形成される。電極材料が銅であるため、“粘っこい”ので、切断の断面がシャープではない。実験に用いた電極は、 $10.8\times 3.8\text{mm}$ である。

【0029】図2に、ハンダ付けによる熱電変換モジュール、インジウム・ガリウム（重量比3：1）の液体金属を用いた熱電変換モジュール20の2個の出力特性及び凸状電極を用いた場合の変換効率を示す。液体金属1及び2は、サイズおよび材質ならびに液体金属の組成は同一であり、データのばらつきを示す。熱電変換素子23としてビスマス・テルルが用いられた。図中に示された「変換効率」とは、熱電モジュールに与えた熱エネルギーに対して、熱電変換モジュールから得られた電気出力の割合である。また、「高温側温度」とは、モジュールに温度差を与えた際の高温側の温度を表しており、冷却側は、 10°C の冷水で冷やして実験を行った。図によれば、凸状の電極を用いると、変換効率が、従来の半田付けによるもの、液体金属であっても凹状の電極によるものに比べて約0.5%向上することが判明した。

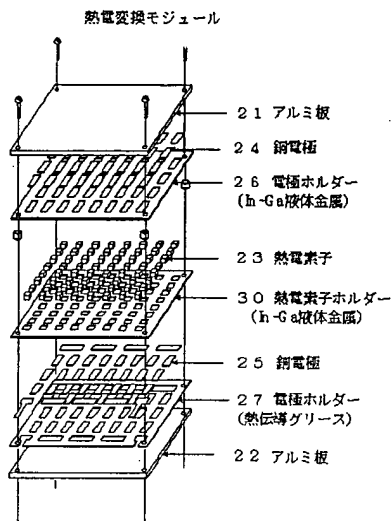
【0030】次に、液体金属塗布量の違いによる変換効率の経過時間にともなう減少傾向を第3図に示す。この図から明らかなように、電極に塗布した液体金属の厚みが $20\mu\text{m}$ 以下であればかなりの長時間変換効率は、低

下しないことが判明した。

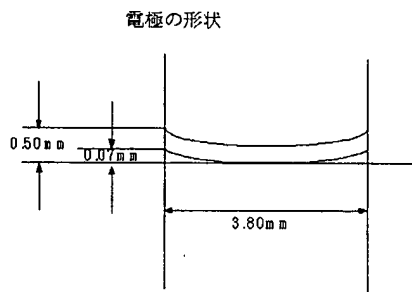
【0031】

【発明の効果】熱電変換モジュールにおいて、熱電変換素子と接触する電極の形状を熱電変換素子に面する方を凸に形成することにより、接触面の液体金属がきわめて薄くなり、電気抵抗及び熱抵抗が減少した。また、電極に塗布した液体金属の厚みを薄くすると、寿命が従来のものに比べてかなり向上した。

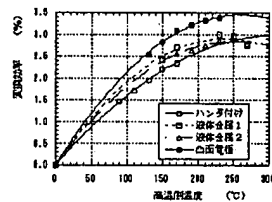
【図1】



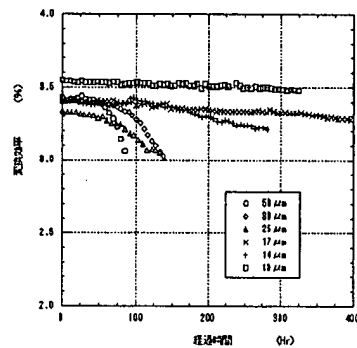
【図4】



【図2】

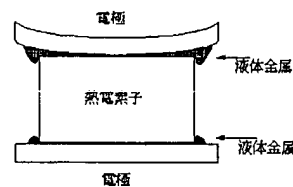


【図3】



【図5】

電極と熱電素子の接合状態の断面図



フロントページの続き

(72)発明者 太田 敏隆

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法
人産業技術総合研究所つくばセンター内

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the thermoelectrical conversion module which used the thermoelectric element. These thermoelectrical conversion modules are objects used also for the exhaust heat recovery of works, or the exhaust heat recovery of an automobile.

[0002]

[Description of the Prior Art] A current can flow and a thermoelectrical conversion module can obtain an electrical output, if electromotive force generates electrically two kinds of semi-conductor thermoelectric elements, p mold and n mold, when it connects with juxtaposition thermally and a temperature gradient is given between each joint, a serial and, and a load is connected outside. Thus, the principle changed into electrical energy from heat energy using a thermoelectric element is known well.

[0003] The conventional thermoelectrical conversion module (only henceforth a "module") has arranged the thermoelectric element two-dimensional, and had taken the configuration of module which fixed each thermoelectric element to the electric insulating plate by approaches, such as soldering.

[0004] Depending on the number of component pairs which constitutes the ingredient of a thermoelement, the magnitude of a component and a configuration, and a generation-of-electrical-energy module, it depends for the modular engine performance on the junction approach of the magnitude of an electrode, a configuration, a component, and an electrode further.

[0005] For example, the magnitude of thermoelectric material of a component is 3.2x3.2x1.72mm using a bismuth tellurium system electrothermal semiconductor device, and an electrode is a 10.8x3.8x0.5mm piece of copper. The number of component pairs consists of 18 pairs, and when modular magnitude is 50x50mm, in soldering, generation-of-electrical-energy conversion efficiency is about 3%.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] One factor which has barred improvement in generation efficiency is soldering, and the thickness of a pewter serves as thermal resistance, heat transfer and heat conduction are made difficult, electric resistance also becomes large, and it is reducing effectiveness.

[0007] Moreover, although the "wettability" right and wrong in soldering have been one criteria of junction assessment, current is pursued for the best approach. Furthermore, when a void (hole) occurs in the pewter of a connection, the increment in the thermal resistance and the electric resistance which bar improvement in generation efficiency is induced. However, now, the method of preventing these generating is not found out.

[0008] On the other hand, although changing to a pewter and using a liquid metal is also considered, since a liquid metal is a liquid in ordinary temperature compared with individual junction of a pewter etc., its chemical activity may be large, it may be diffused in a thermoelement, may form an alloy, and may induce the increment in thermal resistance or electric resistance.

[0009] As a cure for this, the protective coat by metal plating, such as nickel, is given to the thermoelement. However, since this plating process is performed to a wafer-like component, if a component is started after plating therefore, it will be in the condition that plating processing is not

performed, in the side face of the component which is a logging side.

[0010] If it does so, a liquid metal will diffuse into a thermoelement from a side face without plating processing, and will form an alloy. For this reason, generation efficiency began to decrease dozens to 100 and dozens of hours after, and had the problem that a long life was unmaintainable.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The invention in this application made the electrode the loose convex curved surface in order to eliminate the factor which has barred improvement in generation efficiency. The electrode of heights pushed aside by this the liquid metal which takes charge of junction to the flank, the very thin liquid metal side was made, and thermal resistance and electric resistance are improved.

[0012] Simultaneously, in case a liquid metal is extruded, the operation which misses air bubbles on a side face worked, generating of a void was suppressed, and thermal resistance and electric resistance are improved.

[0013] How to make a copper electrode with a loose convex curved surface should just use the bow side produced at the time of a fabrication, although press punching processing is adopted in case a copper plate is processed into predetermined magnitude.

[0014] An example of the loose convex curved surface produced in press punching processing is shown in drawing 4 and 5.

[0015] In order to lengthen a life, a liquid metal is preventing contacting a part without the protective coat of a thermoelement directly. The liquid metal applied superfluously will be protruded into the side face which cannot perform construction of the protective coat of a thermoelement.

[0016] Only junction of the thermoelement and electrode which are the role of necessary minimum, *****, and a liquid metal about coverage is achieved, and the surplus liquid metal made to shorten a life is not produced.

[0017] The thickness of the liquid metal has [that what is necessary is just 20 micrometers or less] desirable 17 micrometers or less.

[0018]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 shows the operation gestalt of this invention, and is a decomposition perspective view before the assembly of a thermoelectrical conversion module.

[0019] Drawing 1 shows the whole module of a plate mold, a thermoelectric element, 24 and 25, *****, and 26 and 27 are grid-like electrode holders, the bore is formed in the shape of a grid, respectively, as for a plate-like electric insulation high temperature conduction substrate (henceforth a "substrate"), and 23, electrodes 24 and 25 fit loosely into these bores, and 22 is held movable within minute limits in the orientation. 30 is a grid-like component holder, and the bore is formed in the shape of a grid, a thermoelectric element 23 fits loosely into these bores, and it is held movable within minute limits in the orientation.

[0020] On the occasion of assembly, the liquid metal (not shown) of a liquid is applied using the cotton swab etc. in ordinary temperature on the field which counters the thermoelectric element 23 of electrodes 24 and 25 beforehand. The liquid metal is applied also like both sides of a thermoelectric element 23. The grid-like electrode holder 27 is laid on a substrate 22, and an electrode 25 is fitted in loosely in the bore.

[0021] Subsequently, the grid-like component holder 30 is laid on it, a thermoelectric element 23 is fitted in loosely in the bore, respectively, and the grid-like electrode holder 26 is piled up on it. An electrode 24 is made to fit loosely into each of the bore, and a substrate is piled up further. In addition, heat-conduction grease is applied to the inner surface side of a substrate if needed.

[0022] The whole is fixed by inserting a bolt in the bore of a substrate and four corners of each holders 26, 30, and 27 finally, using a nut (not shown) etc., or forming the tap screw thread in the hole of four corners of a substrate 22, and screwing in this. Under the present circumstances, a spacer is made to intervene between the grid-like electrode holder 26 which becomes an elevated-temperature side, and the grid-like component holder 30. In addition, SU **-SA may be made to be placed between both also between the grid-like electrode holder 27 which becomes a low temperature side, and the grid-like

component holder 30.

[0023] If a spacer is put into an elevated-temperature side, it will prevent the grid-like electrode holder 26 by the side of an elevated temperature falling. Moreover, if it puts into a low temperature side, drop of the grid-like component holder 30 will be prevented.

[0024] Here, the liquid metal of a liquid is explained in the ordinary temperature used for this invention. As a liquid metal to be used, what melted the indium (ordinary temperature solid-state) is mentioned, for example to mercury and a gallium (it is a liquid at 30 degrees C). In the experiment from which drawing 2 mentioned later and the property shown in 3 were acquired, the gallium:indium used what was mixed at a rate of 3:1 by the weight ratio. In this mixing ratio, it is a liquid at a room temperature. Although it is a liquid when there are still more galliums, if the amount of an indium increases conversely by the above, a solid-state deposits, but if temperature is raised, it will melt.

[0025] In addition, although there was also direct contact of electrodes 24 and 25 and a thermoelectric element 23, when a liquid metal was not used according to the result of an experiment, generation-of-electrical-energy actuation did not break out for the poor contact.

[0026] High temperature conductivity ingredients, such as aluminum which performed pre-insulation processing with anodic oxidation and sealing, may be used for a substrate. A bismuth tellurium system electrothermal semiconductor device excellent in thermoelectrical conversion efficiency is suitable for a thermoelectric element 23 before 250 degrees C, and it arranges p mold component and n mold component by turns, and they carry out a series connection electrically. Electrodes 24 and 25 (ingredient: copper, copper alloy, etc.) carry out the series connection of these thermoelectric elements 23 electrically with a liquid metal (indium: a gallium [Ingredient :] a weight ratio 3:1), and obtain final electric generating power from an electric-generating-power terminal. The grid-like electrode holders 26 and 27 and the grid-like component holders 30 (ingredient: bakelite etc.) carry out the role which stores electrodes 24 and 25 and a thermoelectric element 23 in an orientation.

[0027] Next, contact to electrodes 24 and 25 and a thermoelement 23 is described. The cross section of the shorter side of a rectangle electrode is shown in drawing 4, and the thermoelement pinched by two electrodes is shown in drawing 5. Thus, if the field which touches the thermoelement of the electrode by the side of an elevated temperature is formed in convex, a surplus contact surface liquid metal will be extruded in neighboring one, and will turn into only a liquid metal of the shape of very thin film in the contact section, and electric resistance and thermal resistance will decrease.

[0028] The concrete way of making an electrode makes the metal mold of male Metz, and creates by piercing with a press machine. Therefore, although a configuration is a flat surface mostly, the curved surface produced in case it is pierced by the press machine is formed in the edge cross section of the rectangular whole corner. Since an electrode material is copper, it is that "sticky" and the cross section of cutting is not sharp. The electrode used for the experiment is 10.8x3.8mm.

[0029] The conversion efficiency at the time of using two output characteristics and convex electrodes, the thermoelectrical conversion module by soldering and the thermoelectrical conversion module 20 using the liquid metal of an indium gallium (weight ratio 3:1), for drawing 2 is shown. The liquid metals 1 and 2 of the presentation of size, construction material, and a liquid metal are the same, and show dispersion in data. The bismuth tellurium was used as a thermoelectric element 23. The "conversion efficiency" shown all over drawing is the rate of the electric generating power obtained from the thermoelectrical conversion module to the heat energy given to the thermoelectrical module. Moreover, "elevated-temperature side temperature" expresses the temperature by the side of the elevated temperature at the time of giving a temperature gradient to a module, and the cold end experimented by 10-degree C chilled water cooling. According to drawing, when the convex electrode was used, it became clear that conversion efficiency improved about 0.5% compared with what is depended on a concave electrode even if it is the thing and liquid metal which are twisted in the conventional soldering.

[0030] Next, the downward tendency accompanying the elapsed time of the conversion efficiency by the difference in liquid metal coverage is shown in drawing 3. When the thickness of the liquid metal applied to the electrode was 20 micrometers or less so that clearly from this drawing, it became clear

that remarkable long duration conversion efficiency did not fall.

[0031]

[Effect of the Invention] In the thermoelectrical conversion module, by forming in a convex the direction which faces a thermoelectric element in the configuration of the electrode piece in contact with a thermoelectric element, the liquid metal of the contact surface became very thin, and electric resistance and thermal resistance decreased. Moreover, when thickness of the liquid metal applied to the electrode was made thin, the life improved considerably compared with the conventional thing.

[Translation done.]